

2009 年攻读硕士学位研究生入学考试北京市联合命题
大学物理试题

(请将答案写在答题纸上, 写在试题上的答案无效)

一、 选择题: (选做 10 题, 每小题 4 分, 共 40 分)

1、 某质点做任意曲线运动, 下列说法哪一个正确:

(A) 加速度不变时, 物体的运动方向也不变;

(B) 平均速率等于平均速度的大小;

(C) 无论加速度如何, 平均速率总等于 $\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$, 其中 v_1 、 v_2 为物体运动

始末速率;

(D) 物体运动速率不变时, 速度可以改变。

2、 如图 1, 一质量为 m 的物体, 位于质量可以忽略的直立弹簧正上方高度为 h 处, 该物体从静止开始落向弹簧, 若弹簧的劲度系数为 k , 不考虑空气阻力, 则物体下降过程中可能获得的最大动能是:

(A) mgh ; (B) $mgh - \frac{m^2 g^2}{2k}$;

(C) $mgh + \frac{m^2 g^2}{2k}$; (D) $mgh + \frac{m^2 g^2}{k}$ 。

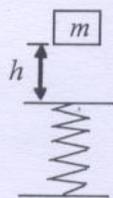


图 1

3、 一刚体以每分钟 120 转绕 z 轴做匀速转动(ω 沿 z 轴正方向)。设某时刻刚体上一点 P 的位置矢量为 $\vec{r} = 3.0\vec{i} + 4.0\vec{j} + 5.0\vec{k}$, 其单位为“cm”, 若以“ $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ ”为速度单位, 则该时刻 P 点的速度为:

(A) $\vec{v} = 94.2\vec{i} + 125.6\vec{j} + 157.0\vec{k}$;

(B) $\vec{v} = -50.2\vec{i} + 37.6\vec{j}$;

(C) $\vec{v} = -50.2\vec{i} - 37.6\vec{j}$;

(D) $\bar{v} = 31.4 \bar{k}$ 。

4、一定量的理想气体，从 $p-V$ 图上初态 a 经历(1)或(2)过程到达末态 b ，已知 a 、 b 两态处于同一条绝热线上(图2中虚线是绝热线)，则气体在

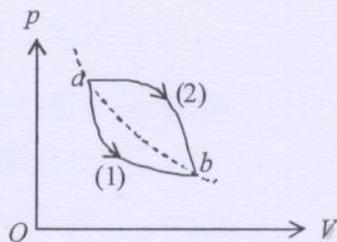


图2

- (A) (1)过程中吸热，(2)过程中放热；
- (B) (1)过程中放热，(2)过程中吸热；
- (C) 两种过程中都吸热；
- (D) 两种过程中都放热。

5、若 $f(v)$ 为气体分子速率分布函数， N 为分子总数， m 为分子质量，则

$\int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{2} m v^2 N f(v) dv$ 的物理意义是：

- (A) 速率为 v_2 的各分子的总平动动能与速率为 v_1 的各分子的总平动动能之差；
- (B) 速率为 v_2 的各分子的总平动动能与速率为 v_1 的各分子的总平动动能之和；
- (C) 速率处在速率间隔 $v_1 \sim v_2$ 之内的分子的平均平动动能；
- (D) 速率处在速率间隔 $v_1 \sim v_2$ 之内的分子平动动能之和。

6、如图3所示，一绝热密闭的容器，用隔板分成体积相等的两部分，左边盛有一定量的理想气体，压强为 p_0 ，右边为真空。今将隔板抽去，气体自由膨胀，当气体达到平衡时，气体的压强是：

- (A) p_0 ;
- (B) $p_0/2$;
- (C) $2^\gamma p_0$;
- (D) $p_0/2^\gamma$ 。

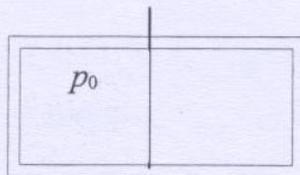


图3

$(\gamma = C_p/C_v)$

7、两个同心薄金属球壳，半径分别为 R_1 和 R_2 ($R_2 > R_1$)，若同时分别带上电荷 q_1 和 q_2 ，则两者的电势分别为 U_1 和 U_2 (选无穷远处为电势零点)。现用

(A) $\frac{8\pi\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$;

(B) $\frac{4\pi\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$;

(C) $\frac{2\pi\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$;

(D) $\frac{\pi\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$ 。

二、 填空题 (选做 10 题, 每小题 5 分, 共 50 分)

1、我国第一颗人造地球卫星沿椭圆轨道运动, 地球的中心 O 为该椭圆的一个焦点。已知地球半径 $R=6378$ km, 卫星与地面的最近距离 $l_1=439$ km, 与地面的最远距离 $l_2=2384$ km。若卫星在近地点 A_1 的速率 $v_1=8.1$ km/s, 则卫星在远地点 A_2 的速率 $v_2=$ _____。

2、一长为 l , 质量可以忽略的直杆, 可绕通过其一端的水平光滑轴在竖直平面内作定轴转动, 在杆的另一端固定着一质量为 m 的小球, 如图 5 所示。现将杆由水平位置无初速地释放。则杆刚被释放时的角加速度 $\beta_0=$ _____, 杆与水平方向夹角为 60° 时的角加速度 $\beta=$ _____。

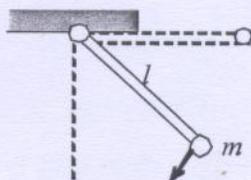


图 5

3、设某时刻, 在 1mol 气体中, 速率在 495m/s 到 505m/s 之间有 6020 个分子。则速率为 500m/s 处的速率分布函数值是_____。

4、两只电容器, $C_1 = 8\ \mu\text{F}$, $C_2 = 2\ \mu\text{F}$, 分别把它们充电到 1000V , 然后将它们反接(如图 6 所示), 此时两极板间的电势差为_____。

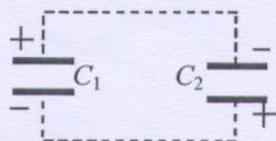


图 6

5、两个静止质量为 M_0 的小球, 其一静止, 另一个以 $u = 0.8c$ (c 为真空中光速) 的速度运动。它们作对心完全非弹性碰撞后粘在一起, 则碰撞后速度 $V=$ _____ m/s。

6、一简谐振动的振动曲线如图 7 所示。则振动方程为_____。

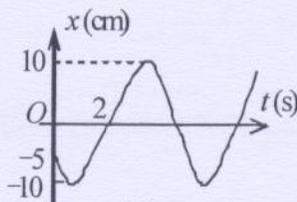


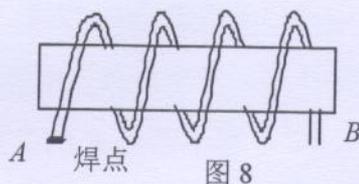
图 7

中国科学院金属研究所代用

7、已知一物体质量为 10kg ，作用在其上的力在 8 秒内均匀地从零增加到 50 N ，使物体沿力的方向由静止开始作直线运动。则物体 4 秒末的速率 $v =$ _____。

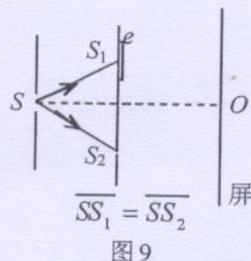
8、在单缝夫琅禾费衍射实验中，波长为 λ 的单色光垂直入射在宽度 $a=5\lambda$ 的单缝上。若单缝处的波面对应于衍射角 φ 的方向上恰好可分成 5 个半波带，则衍射角 $\varphi =$ _____。

9、如图 8，两根彼此紧靠的绝缘的导线绕成一个线圈，其 A 端用焊锡将二根导线焊在一起，另一端 B 处作为连接外电路的两个输入端。则整个线圈的自感系数为 _____。



10、一端固定，另一端自由的棒中有余弦驻波存在，其中三个最低振动频率之比为 _____。

11、如图 9，在双缝干涉实验中，若把一厚度为 e 、折射率为 n 的薄云母片覆盖在 S_1 缝上，中央明条纹将向 _____ 移动；覆盖云母片后，两束相干光至原中央明纹 O 处的光程差为 _____。

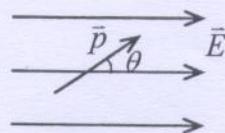


12、光子波长为 λ ，则其能量 = _____；动量的大小 = _____；质量 = _____（用 h 、 c 、 λ 表示）。

三、 计算题（选做 4 题，每小题 15 分，共 60 分）

1、一质量为 m 的小球，从高出水面为 h 处自由下落，已知小球在水中受到的粘滞阻力与小球在水中的运动速率成正比： $f = Kv$ (K 为常数)。它在水中受到的浮力为 B ，如果以小球恰好垂直落入水中时开始记时 ($t=0$)，求小球在水中的运动速率 v 随时间变化的数学表达式。

2、如图 10 所示，在场强为 \vec{E} 的均匀电场中，静止地放



入一电矩为 \vec{p} 、转动惯量为 J 的电偶极子。若电矩 \vec{p} 与场强 \vec{E} 之间的夹角 θ 很小，试分析电偶极子将作什么运动，并计算电偶极子从静止出发运动到 \vec{p} 与 \vec{E} 方向一致时所经历的最短时间。

3、两端封闭的水平气缸，被一可动活塞平分为左右两室，每室体积均为 V_0 ，其中盛有温度相同、压强均为 p_0 的同种理想气体，如图 11。现保持气体温度不变，用外力缓慢移动活塞(忽略摩擦)，使左室气体的体积膨胀为右室的 2 倍，问外力必须作多少功？

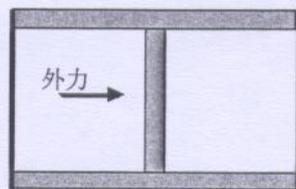


图 11

4、一根半径为 R 的长直导线载有电流 I (设直导线内电流分布是均匀的)，作一宽为 R 、长为 l 的假想平面 S ，如图 12 所示。若假想平面 S 可在导线直径与轴 OO' 所确定的平面内离开 OO' 轴平移至远处。试求当通过 S 面的磁通量最大时 S 平面的位置

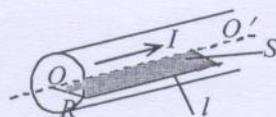


图 12

5、半径为 R 的长直螺线管单位长度上密绕有 n 匝线圈。在管外有一包围着螺线管、面积为 S 的单匝圆线圈，其平面垂直于螺线管轴线。螺线管中电流 i 随时间作周期为 T 的变化，如图 13 所示。求圆线圈中的感生电动势 ε 。画出 $\varepsilon-t$ 曲线，注明时间坐标。

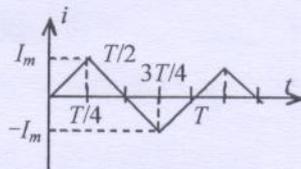


图 13

5、半径为 R 的长直螺线管单位长度上密绕有 n 匝线圈。在管外有一包围着螺线管、面积为 S 的单匝圆线圈，其平面垂直于螺线管轴线。螺线管中电流 i 随时间作周期为 T 的变化，如图 13 所示。求圆线圈中的感生电动势 ε 。画出 $\varepsilon-t$ 曲线，注明时间坐标。

2009 年攻读硕士学位研究生入学考试北京市联合出题

大学物理参考答案

(请将答案写在答题纸上, 写在试题上的答案无效)

一、选择题: (选作 10 题, 每题 4 分, 共 40 分)

1、D; 2、C; 3、B; 4、B; 5、D; 6、B; 7、B; 8、B; 9、C; 10、C;
11、B; 12、C

二、填空题: (选作 10 题, 每题 5 分, 共 50 分)

1、6.3 km/s; 2、 g/l , $g/(2l)$ (对一空 3 分); 3、 10^{-21} ;
4、600V; 5、 1.5×10^8 m/s; 6、 $x = 0.1 \cos(5\pi t/12 + 2\pi/3)$ (m);
7、5m/s; 8、 30° ; 9、0; 10、1:3:5;
11、上, $\pm(n-1)e$ (对一空 3 分); 12、 $\frac{hc}{\lambda}, \frac{h}{\lambda}, \frac{h}{c\lambda}$ (对一空 2 分)。

三、计算题: (选作 4 题, 每题 15 分, 共 60 分)

1、解: 小球下落到水面时的速度大小:

$$v = \sqrt{2gh} \quad 3 \text{ 分}$$

由牛磨第二定律, 小球在水中运动微分方程:

$$mg - B - Kv = ma = m \frac{dv}{dt} \quad 4 \text{ 分}$$

解微分方程:

$$dt = \frac{mdv}{mg - B - Kv} \quad 2 \text{ 分}$$

$$\int_0^t dt = \int_{v_0}^v \frac{mdt}{mg - B - Kv} \quad 3 \text{ 分}$$

$$v = \left(\sqrt{2gh} - \frac{mg - B}{K} \right) e^{-\frac{K}{m}t} + \frac{mg - B}{K} \quad 3 \text{ 分}$$

2、解: 电偶极子在均匀电场中受力等于零, 但受到一力偶矩 $\vec{M} = \vec{p} \times \vec{E}$

中国科学院金属研究所代用

其大小为 $M = pE \sin \theta \approx pE\theta$ 3分

由转动定律可知, $-pE\theta = J\beta$ (β 为角加速度) 2分

即 $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{pE}{J}\theta = 0$ 3分

可见, 电偶极子将作角谐振动. 其角频率为

$$\omega = \sqrt{pE/J} \quad 2分$$

电偶极子从静止出发, 转动到第一次使 \vec{p} 与 \vec{E} 方向一致, 需用四分之一周期的时间, 即 2分

$$t = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{J}{pE}} \quad 3分$$

3、解: 设左、右两室中气体在等温过程中对外做功分别用 W_1 、 W_2 表示, 外力作功用 W' 表示. 由题知气缸总体积为 $2V_0$, 左右两室气体初态体积均为 V_0 , 末态体积分别为 $4V_0/3$ 和 $2V_0/3$. 1分

据等温过程理想气体做功:

$$W = (M/M_{mol})RT \ln(V_2/V_1) \quad 2分$$

得 $W_1 = p_0 V_0 \ln \frac{4V_0}{3V_0} = p_0 V_0 \ln \frac{4}{3}$ 3分

得 $W_2 = p_0 V_0 \ln \frac{2V_0}{3V_0} = p_0 V_0 \ln \frac{2}{3}$ 3分

现活塞缓慢移动, 作用于活塞两边的力应相等, 则 2分

$$W' + W_1 = -W_2 \quad 2分$$

$$W' = -W_1 - W_2 = -p_0 V_0 (\ln \frac{4}{3} + \ln \frac{2}{3}) = p_0 V_0 \ln \frac{9}{8} \quad 2分$$

4、解: 设 x 为假想平面里面的一边与对称中心轴线距离,

$$\Phi = \int B dS = \int_x^R B_1 l dr + \int_R^{x+R} B_2 l dr, \quad 3分$$

中国科学院金属研究所代用

$$dS = ldr$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2} \quad (\text{导线内}) \quad 3 \text{分}$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (\text{导线外}) \quad 3 \text{分}$$

$$\Phi = \frac{\mu_0 I l}{4\pi R^2} (R^2 - x^2) + \frac{\mu_0 I l}{2\pi} \ln \frac{x+R}{R} \quad 3 \text{分}$$

令 $d\Phi/dx = 0$, 得 Φ 最大时 $x = \frac{1}{2}(\sqrt{5}-1)R$ 3分

5、解：螺线管中的磁感强度

$$B = \mu_0 n i, \quad 2 \text{分}$$

通过圆线圈的磁通量

$$\Phi = \mu_0 n \pi R^2 i. \quad 2 \text{分}$$

取圆线圈中感生电动势的正向与螺线管中电流正向相同, 有

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\mu_0 n \pi R^2 \frac{di}{dt}. \quad 2 \text{分}$$

在 $0 < t < T/4$ 内, $\frac{di}{dt} = \frac{I_m}{T/4} = \frac{4I_m}{T}$, 2分

$$\varepsilon_i = -\mu_0 n \pi R^2 \frac{4I_m}{T} = -4\pi \mu_0 n R^2 I_m / T \quad 2 \text{分}$$

在 $T/4 < t < 3T/4$ 内, $\frac{di}{dt} = -\frac{2I_m}{T/2} = -\frac{4I_m}{T}$,

$$\varepsilon_i = 4\pi \mu_0 n R^2 I_m / T. \quad 2 \text{分}$$

在 $3T/4 < t < T$ 内, $\frac{di}{dt} = \frac{I_m}{T/4} = \frac{4I_m}{T}$,

$$\varepsilon_i = -4\pi \mu_0 n R^2 I_m / T. \quad 1 \text{分}$$

$\varepsilon_i - t$ 曲线如图.

2分

中国科学院金属研究所代用

